

## 技術論文

DOI:http://dx.doi.org/10.5139/JKSAS.2012.40.7.623

## 한국형 기동헬기 자체진단 시험 설계 및 입증

김성우\*, 이병화\*\*, 장원홍\*\*, 오우섭\*\*

## Design and Verification of Built In Test For KUH

Sung-Woo Kim\*, Byoung-Hwa Lee\*\*, Won Hong Chang\*\* and Woo-Seop Oh\*\*

## ABSTRACT

Mission Equipment Package(MEP) system is a collection of avionic components that are integrated to perform the mission of the Korean Utility Helicopter(KUH). Built In Test(BIT) reduces the need for skilled personnel and special test equipment, and reduces maintenance down-time of system. The increasing complexity of avionics equipments has resulted in an increased need to provide BIT functions. This paper describe the development and verification for the KUH MEP system BIT.

## 초 록

임무탑재장비 체계는 한국형 기동헬기의 임무 수행을 위해 전자장비 구성품들을 통합한 항공전자 체계다. 자체진단 시험은 숙련된 요원, 특수 시험장비의 필요성을 감소시키주며 체계의 정비를 위한 비가동 시간을 줄여준다. 갈수록 복잡성이 증가하고 있는 항공전자 장비에 대한 자체진단 시험 기능의 필요성이 더욱 커지고 있다. 본 논문은 한국형 기동헬기 항공전자 체계에 구현한 자체진단 시험 설계 및 입증에 대해 설명한다.

**Key Words** : Interruptive Built In Test(운용자 자체진단 시험), Maintenance Fault List(정비 결함목록), Pilot Fault List(조종사 결함목록), Continuous Built In Test(연속 자체진단 시험), Power Built In Test(전원인가 자체진단 시험)

## 1. 서 론

한국형 기동헬기 항공전자 장비는 IT 산업분야의 국내 기술력을 바탕으로 개발하였다. 국내 개발 시 모든 항공전자 장비에 세계 수준 장비 대비 동등 이상의 기본성능이 개발목표로 제시되었다. 무기체계의 첨단 고도화는 부수적으로 정비비용 및 정비시간의 증가를 가져온다. 이를 방지하기 위하여 한국형 기동헬기는 고장이 발

생했을 때 수리하기 쉬운 정비성에 대한 요구도가 제시되었다. 정비성 설계 중 “고장, 탐지, 진단” 기능을 위한 자체진단시험 기능은 정비성의 중요한 부분을 차지한다. 한국형 기동헬기는 항공전자 장비 및 기타 장비에 대해 자체고장진단기능을 보유하며 해당 장비는 기능 점검, 결함 유무 및 결함 원인을 포함하여 조종실에 시현되어야 할 것을 요구하였다. 한국형 기동헬기 항공전자 장비는 자체 고장 진단 구현을 위해 전원인가 자체진단(PBIT : Power Built In Test), 연속 자체진단(CBIT : Continuous Built In Test) 및 운용자 자체진단(IBIT : Interruptive Built In Test) 기능을 설계하였다. 임부컴퓨터를 중심으로 항공전자 장비들을 통합한 항공전자 체계는 구성품으로부터 획득한 모든 자체진단

† 2011년 7월 26일 접수 ~ 2011년 6월 29일 심사완료

\* 정희원, 국방과학연구소

교신저자, E-mail: sabal7086@naver.com

대전시 유성우체국 사서함 35-7호

\*\* 정희원, 국방과학연구소

정보를 종합하여 다기능시험기에 시험하였다. 개발시험이 완료된 후 사용자에게 의한 정비성을 입증한다. 정비성 입증은 실제 환경에서 운용되는 무기체계 및 지원체계를 종합적인 관점에서 적합한지를 확인하는 것이다. 정비성 입증을 위한 자체진단 시험 평가는 사전에 실기평가 계획서를 작성하고 이에 따라 실기평가를 수행한다. 실기 평가를 통하여 결함 및 보완요구사항을 도출한다. 평가 결과에 따라 장비를 보완 설계하고 해당 기술 자료를 수정한다. 식별된 모든 문제가 해결되어야만 무기체계가 야전에 배치된다. 한국형 기동헬기 항공전자 장비 및 항공전자 체계는 이 같은 설계 및 입증과정을 통해 자체진단 시험 기능이 적합함을 확인하였다. 본 논문은 한국형 기동헬기 항공전자 체계에서 구현한 자체진단 시험기능 설계와 입증에 대해 정리한 내용이다.

## II. 본 론

### 2.1 자체진단 시험 설계

한국형 기동헬기 항공전자 체계는 Fig. 1과 같이 임무컴퓨터를 중심으로 모든 항공전자 장비 및 헬기 체계 장비들과 인터페이스 한다. 항공전자 체계는 항공전자, 비행 제어, 엔진, 연료 및 전기 계통으로부터 발생하는 결함 상황을 사용자에게 제공한다. 각각의 장비에서 수행한 전원인가 자체진단, 연속 자체진단 및 운용자 자체진단 결과를 임무컴퓨터로 전송한다[1].

전원인가 자체진단 기능은 전원이 인가될 때 자동적으로 수행된다. 연속 자체진단 기능은 장비가 정상적으로 작동하는지를 지속적으로 감시하며 장비의 정상작동에 영향을 주어서는 안된다. 운용자 자체진단 기능은 운용자의 명령에 따라 수행된다. 운용자 자체진단 기능을 수행하

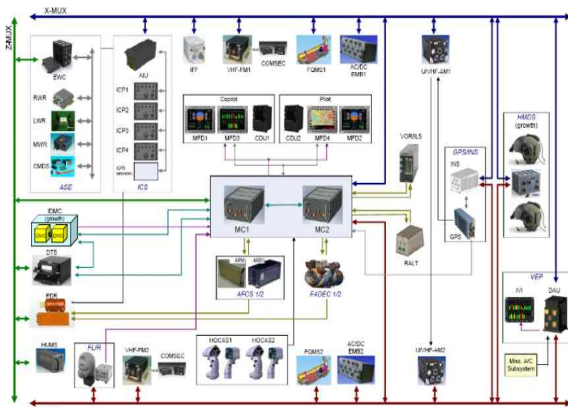


Fig. 1. MEP System Architecture

기 위하여 장비는 정상 작동을 중지한 후 전원인가 자체진단과 연속 자체진단보다 세밀하게 장비의 고장여부를 검출하고 분리한다. 자체진단 요청 및 결과 보고는 MIL-STD-1553B Mux 버스를 통해서 한다. 임무컴퓨터는 에러 비트를 계속하여 모니터링하며 에러 비트가 전송되면 정비결함목록(MFL : Maintenance Fault List)에 등록한다. 또한, 비행기록장치에 정비결함목록을 저장한다. 정비결함목록의 구성은 아래와 같다.

- 서브시스템 : 해당 서브시스템 이름
- 시험 번호
- 신호 ID : 해당 고장 소스 신호 ID
- 고장 : 고장 설명
- 조종사 결함목록

임무컴퓨터로 보고된 모든 자체진단 결과는 다기능시험기를 통해 정비사 및 조종사에게 제공한다. 정비사에게 제공되는 정비 결함목록은 다기능시험기의 정비-자체진단시험 페이지에 시험하며 조종사에게 제공하는 결함목록은 조종사결함목록 페이지에 시험한다. 조종사 결함목록은 정비결함목록의 일부분으로서 조종사가 인지하여야 할 서브시스템 결함사항을 제공한다. 다기능시험기 우측 하단의 정비키를 누르면 Fig. 2와 같이 정비화면으로 진입한다. 정비 화면은 자체진단시험, 시스템 및 소프트웨어 아이디의 서브모드로 구성되며 다기능시험기 상단에 각각의 키가 있다[2].

정비 자체진단시험 화면의 중앙부분에 정비결함목록이 시험된다. 현재 활성화된 정비결함목록은 정비 자체진단시험 화면의 중앙부분에 리스트 형태로 시험된다. 하나의 정비결함목록은 하나의 라인으로 구성되며 한 페



Fig. 2. Maintenance Fault List Page

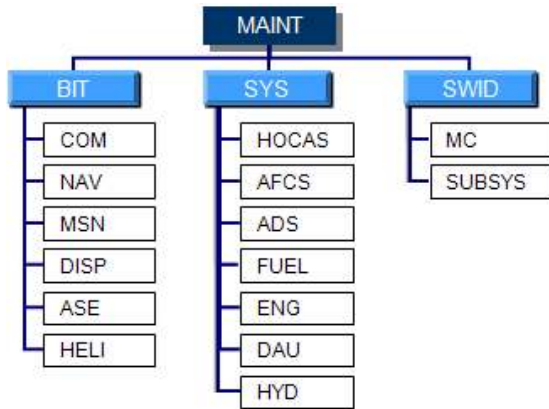


Fig. 3. Maintenance Mode Display



Fig. 5. IBIT-COM Menu

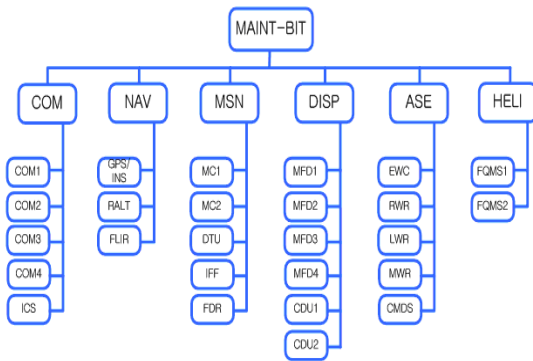


Fig. 4. BIT Page Menu Tree



Fig. 6. COM1 IBIT Page

이 지당 최대 17 라인까지 시현하며 17개를 초과할 경우 다음 페이지에 시현한다. MFL 라인은 아래와 같은 5개의 필드로 구성된다.

- 서브시스템 명칭
- 고장 코드
- PFL 메시지
- 결함발생 시간
- 결함발생 횟수

정비 화면 구조는 Fig. 3과 같다. 정비키 선택 시 기본 페이지는 자체진단시험(BIT) 페이지이다. 자체진단시험(BIT) 페이지 메뉴 트리는 Fig. 4와 같다.

자체진단시험 페이지에서 수행하는 기능은 아래와 같다.

- 각 서브시스템에 대한 IBIT 명령 수행
- 서브시스템 결함정보 시현 (PBIT, CBIT, IBIT 결과)
- 임무컴퓨터 운용 상태 정보 시현
- 시간정보 시현

자체진단시험 화면에서는 자체진단시험을 수행

할 계통을 선택할 수 있다. 해당 계통 소프트웨어 선택 시 서브메뉴(COM, NAV, MSN, DISP, ASE, HELI) 화면으로 들어간다. Fig. 5와 같은 자체진단시험 통신화면에서 통신계통(COM1, COM2, COM3, COM4, ICS, IFF)에 대한 자체진단시험 화면을 선택할 수 있다. 계통 소프트웨어 선택 시 해당 IBIT 시험 화면으로 들어간다. COM1 소프트웨어를 선택하면 Fig. 6과 같이 COM1에 대한 IBIT 명령 수행 기능 및 COM1 결한 정보를 시현한다. 자체진단시험 항목화면에서는 항목계통에 대한 자체진단시험 화면을 선택할 수 있다. 자체진단시험 임무계통 화면에서는 임무계통(MC1, MC2, DTS, FDR)에 대한 자체진단시험 화면을 선택할 수 있다. 자체진단시험 시현화면에서는 시현계통(MFD1, MFD2, MFD3, MFD4, CDU1, CDU2)에 대한 자체진단시험 화면을 선택할 수 있다. 자체진단시험 생존계통 화면에서는 생존계통에 대한 자체진단시험 화면을 선택할 수 있다. 자체진단시험 HELI 화면에서는 헬기 세부계통에 대한 자체진단시험 화면을 선택할 수 있다. 해당 세부계통 소프트웨어



Fig. 7. Pilot Fault List Page

키 선택 시 해당 IBIT 시험 화면으로 들어간다. 조종사 결함목록은 정비 결함목록의 일부분으로서, 조종사가 인지하여야 할 서브시스템 결함사항을 제공한다. 조종사 결함목록은 조종사의 즉각적인 조치 및 주의가 요구되는 결함이다. 조종사 결함목록은 조종사가 즉각적으로 인지할 수 있도록 다기능시험기 화면에 팝업 시험한다. 다기능시험기 상단의 PFL(Pilot Fault List) 키를 누르면 조종사 결함목록 페이지로 진입한다. 조종사 결함목록은 Fig. 7과 같이 다기능시험기에 리스트 형태로 시험된다. 현재 선택된 PFL의 상세 내용은 하단 텍스트 박스 안에 시험한다. 가장 최근 PFL이 상단 라인에 시험된다. 활성화된 PFL이 15개가 넘을 경우 최근에 활성화된 15개의 PFL이 첫 번째 페이지에 시험되고 나머지 PFL은 다음 페이지에 시험된다. PFL 라인은 아래와 같이 4개의 필드로 구성된다[3].

- 서브시스템 명칭
- 고장 코드
- PFL 메시지
- 결함발생 시간

활성화된 전체 조종사 결함목록은 조종사 결함목록 페이지에서 리스트 형태로 볼 수 있다. 조종사 결함목록은 엔진 지시 및 승무원 경보계통(EICAS : Engine Indicators and Caution Advisory System) 하부 구조로 되어있다. 다기능시험기 우측 하단의 엔진 지시 및 승무원 경보계통(EICAS) 키를 누르면 엔진 지시 및 승무원 경보계통 화면으로 진입한다. 엔진 지시 및 승무원 경보계통 화면 구조는 Fig. 8과 같이 조종사 결함목록, 연료, 전기 및 성능계획표 서브모드로 구성되며 다기능시험기 상단에 각각의 키가 있다.

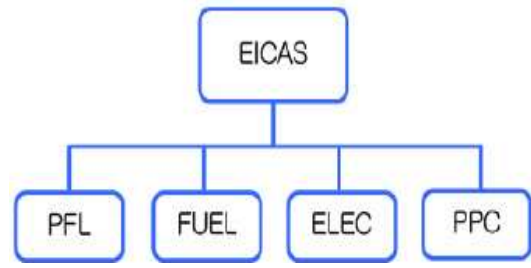


Fig. 8. EICAS Mode Display

## 2.2 자체진단 시험 입증

자체진단 시험 입증은 운용 장비에 고장을 유발시켜 놓고 고상모사에 따른 정비결함목록 결과를 확인한다. 항공전자 체계의 자체진단 시험 평가는 Fig. 9와 같은 통합시험장비(SIL : System Integrated Laboratory)를 이용하여 수행한다. 항공전자 체계 자체진단 시험 절차서에 따라 고장에 따른 해당 정비결함목록과 조종사 결함목록이 시험되는지 확인한다. 개발시험이 성공적으로 통과한 후, 체계 자체진단 실기평가 계획서를 작성한다. 체계 자체진단 실기평가 계획서는 Table 1과 같은 자체고장진단 대상 구성품 현황 및 시험절차서를 포함하여 작성한다[4].



Fig. 9. MEP System Integrated Laboratory

Table 1. BIT LRU

순 번	품 명	MFL	PFL	비고
1	통제시험장치1	14	12	
2	FM무전기1	18	13	
3	AM무전기1	17	15	
4	임무컴퓨터1	33	17	
5	다기능시험기1	18	11	
6				
총	00종 xx품목			

자체진단 시험 항목과 같은 정비성 입증의 목적은 장비가 정비될 수 있는 능력이 있는가를 실제로 보여주는 것이다. 장비에 고장을 유발시켜 놓고 해당 무기체계가 야전에 배치되었을 때 정비요원이 고장을 발견하고 수리하기 위하여 사용하는 기술교범 및 지원 장비를 가지고 확인한다[5]. 체계 자체진단 실기평가 계획서에 따라 평가를 수행하고 평가관이 Table 2와 같이 시험 결과를 작성한다. 평가관이 시험결과와 함께 Table 3의 실기 시험평가 세부기록서, Table 4의 보완 요구사항을 제시하면 개발자는 결과에 따라 수정 보완해야 한다. 평가 결과에 따라 장비를 보완 설계하며 해당 기술자료도 함께 수정한다. 식별된 모든 문제가 해결될 때까지 무기체계의 야전배치가 지연되므로 개발 초기부터 자체진단 시험 설계 및 입증에 주의해야 한다.

Table 2. BIT Result

LRU	고장 삽입/결함방법	결과		탐지여부		비고 (탐지했으 나 보완필요)
		MFL 시험	PFL 시험	탐지	미탐지	
계				50	10	10
CDU	KEY STUCK(5초 이상 KEY 누름)	- KEY STUCK	CDU1 KEY FAIL	○		
MC2	시스템프로세서 회로카드조립체 Graphics PMC 분리	- SPM GPMC1 FAIL	MC2 SPM-GP MC Fail	△		MFL화면에 -MC2 FAIL, -MC1 BACKUP 추가필요
MFD	MFD1-MC2간 RS-422 통신 분리	- MC2 UART FAIL	MFD1 MC2-UART FAIL	○		

Table 3. Detail Document

평가항목			작성일자			
순번	계통	정비 TASK	계획/비계획 정비			
			부대	야전		
BIT-1	임무관리 시험	10개 MEP 구성품 체계 BIT 시험				
시험 준비 상태 확인						
■대상 장비	■기술 교범	■기술 자료	■일반 /특수 공구	■시험 /지원 장비	■수리 /부속 /물자	■정비 환경
결함 / 보완요구사항						
평가 항목	구 분	~을	~으로	결함 구분 /완료일	비고 (첨부 문서)	
				보완요구/		

Table 4. Supplement Requirement

순 번	시 항	관련 품목	CDU등 구성품	
제 목	체계 BIT 시험결과 결함 미탐지 발생으로 보완 필요			
<input type="checkbox"/> 현상 및 문제점 ○ 체계에서 BIT 시험결과 결함 미탐지 다수발생 ※ 결함삽입 11개 품목				
<input type="checkbox"/> 보완요구사항 ○ 체계에서 BIT 시험결과 결함 미탐지 사항 보완 - 추후 기술교범 고장탐구 절차에 예상 결함 수록				
<input type="checkbox"/> 보완내용				
일 자	확 인	시험평가관	개발자	시험지원부대

한국형 기동헬기 항공전자 장비 및 항공전자 체계는 이 같은 입증 및 설계 수정과정을 통해 자체진단 시험 기능이 요구도를 충족함을 확인하였다.

### III. 결 론

자체진단 시험은 고장 위치를 알아내고 식별하는 온-보드 하드웨어, 소프트웨어 진단 수단이다. 전자 장비의 자체진단 시험에 대한 유용성은 1950년대 초에 인식되어, 중요 무기 체계 및 항공우주 장비의 유용성 보장을 위해 시작되었다. 시간이 갈수록 복잡성이 증가하고 있는 항공전자 장비의 효율적인 온-보드 고장발견 기능이 더욱 요구되어 이제는 항공전자장비의 자체진단시험 기능이 필수적으로 요구되고 있다. 장비의 주요 기능 외에 자체진단시험의 정비성이 입증되지 않으면 무기체계가 채택되지 못한다. 기존의 항공전자 장비 자체진단시험 기능은 현장 교환품목 단위에서 고장을 격리하였으나, 한국형 기동헬기 항공전자 장비는 자체진단시험 기능을 향상시켜 부품 단위인 야전교환품목 수준에서 고장을 격리하도록 구현하였다. 또한, 항공전자 체계를 항공전자 장비와 함께 개발하여 체계레벨에서부터 구성품 레벨까지 탐-다운 개념으로 효율적인 자체진단시험 기능을 구현하였다. 사용자는 다기능시험기 화면을 통해 모든 장비 결함을 용이하게 파악할 수 있다. 조종사의 즉각적인 조치 및 주의가 요구되는 결함은 다기능시험기에 팝-업 시험시켜 조종사가 신속하게 대응할 수 있게 하였다. 본 논문에서 살펴본 자체진단 시험 기능은 향후 항공전자 체계

및 장비 설계, 입증시 활용 가능할 것이다.

### 참고문헌

- 1) KUH 임무탑재장비 개발규격서(88PS7101), 2011
- 2) KUH 임무탑재장비 운용요구규격서 (88ZE7102), 2009
- 3) KUH 임무탑재장비 기능요구규격서 (88ZE7102), 2009
- 4) KUH 임무탑재장비 자체진단 시험 실기평가계획서(88PP0502), 2010
- 5) 허완욱, 박은심, 윤정환 “무기체계 정비성 향상을 위한 BIT 설계 및 검증방안”, 한국군사과학기술학회지, 제15권 제2호, pp.111-120, 2012